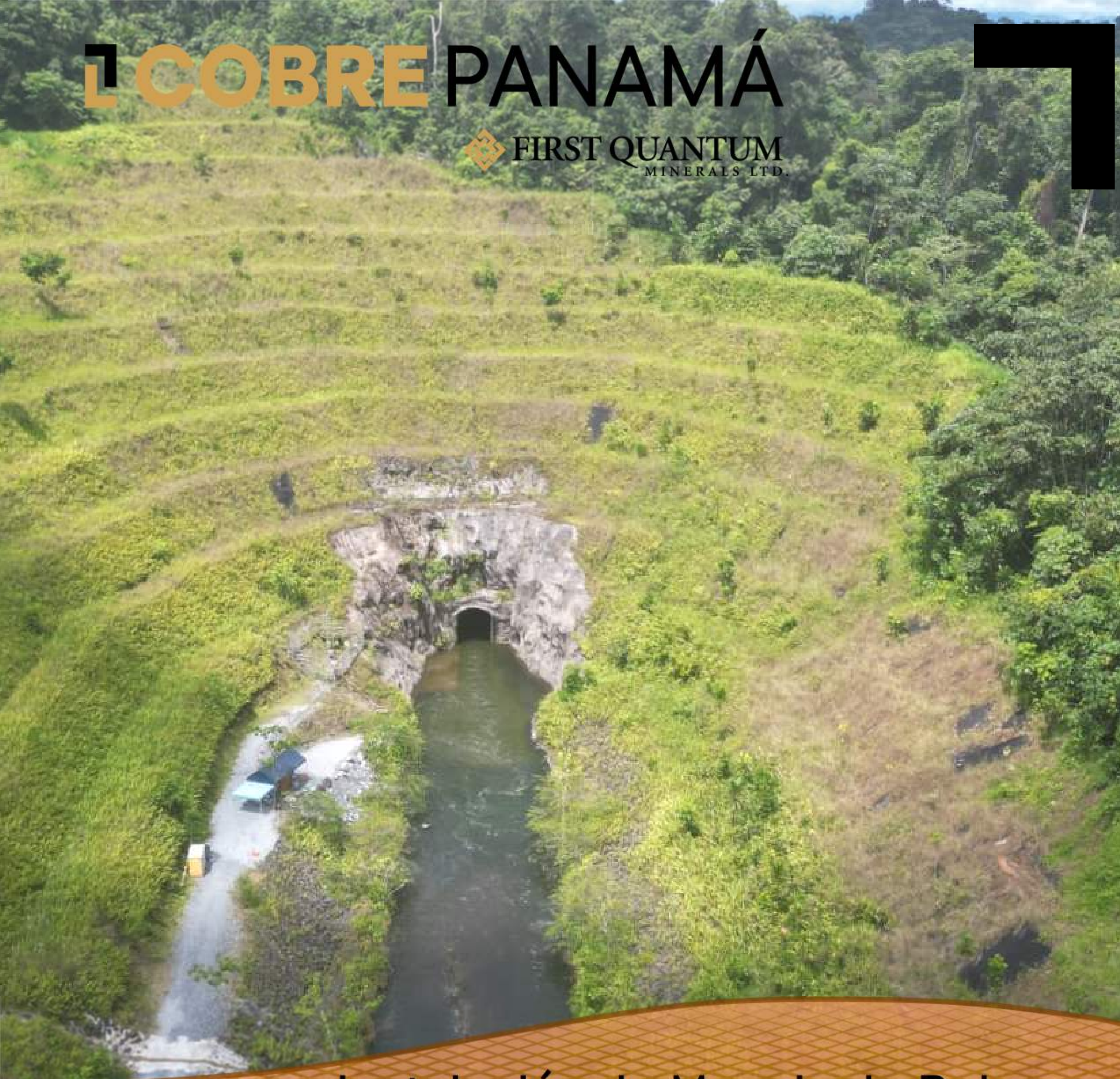


Instalación de Manejo de Relaves

Inspección Geotécnica de Obras en Aliviadero

Documento N°: 1824-363-CI-RPT-T0020
Emisión N°: 0001

Preparado por: Juan Castillo (JC)
Revisado por: Zayra Caballero (ZC)
Aprobado por: Francisco Vera (FV)

Registro de Revisiones

Código	No.	Revisiones (de las Emisiones) Prep. por	Rev. por	Apr. por	Fecha	Detalles de Revisión
RR	A	JC	ZC	FV	Jun/18/2024	Revisión interna
RR	B	JC	ZC	FV	Jun/26/2024	Revisión interna
RI	0	JC	ZC	FV	Oct/05/2024	Emisión final

NOTAS:

1. ***Códigos de Revisión:***

   RC=Liberación para construcción, RD=Liberación para diseño, RF=Liberación para fabricación, RI=Liberación para información, RP=Liberación para compra, RQ=Liberación para cotización, RR=Liberado para revisión y comentarios.

Lista de Distribución

- Gerente Instalación de Manejo de Relaves
- Ingeniero de Registro

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 7
1.1 Objetivos de la Inspección 7
1.2 Alcance de la Inspección 7
1.3 Metodología de Inspección 7
2. REVISIÓN DE ANTECEDENTES 10
2.1 Informes de Inspecciones Anteriores 10
2.2 Datos Geotécnicos 10
3. INSPECCIÓN DE TALUDES DE LA LAGUNA 11
3.1 Descripción y Ubicación 11
3.2 Condición Actual de los taludes 11
4. INSPECCIÓN DE LOS TALUDES DEL PORTAL DE SALIDA DEL TÚNEL 13
4.1 Descripción y Ubicación 13
4.2 Condición actual de los taludes a la salida 13
5. INSPECCIÓN DEL TÚNEL DE DESCARGA 16
5.1 Descripción General 16
5.2 Condiciones estructurales observadas 16
5.3 Drenajes y Obstrucciones 18
5.4 Señales de Filtraciones o Daños 19
6. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y PROBLEMAS POTENCIALES 23
6.1 Análisis de Riesgos 23
6.2 Problemas Identificados 24
6.3 Evaluación de la Severidad 24
7. RECOMENDACIONES 25
7.1 Medidas Correctivas 25
7.2 Mantenimiento y Monitoreo 25
7.3 Mejoras Propuestas 25
8. CONCLUSIONES 26
8.1 Resumen de Hallazgos 26
8.2 Evaluación General de la Instalación 26
9. APENDICE 1. REGISTRO FOTOGRAFICO 28
10. APENDICE 2. DOCUMENTACIÓN CONSTRUCCIÓN 39
10.1 Planos y Diseños Originales 39

Contenido

Contenido

Lista de Tablas

Tabla 1. Criterios principales de inspección 8
Tabla 2. Escala de condiciones de las estructuras evaluadas 8
Tabla 3. Análisis de riesgo del sistema de aliviadero 23

Lista de Figuras

Figura 1. Componentes del sistema de aliviadero al inicio del túnel 11
Figura 2. Componentes del sistema de aliviadero a la salida del túnel 13
Figura 3. Secciones típicas de túnel con los refuerzos respectivos 16
Figura 4. Registro de hallazgos de la inspección 20
Figura 5. Representación gráfica de la distribución de defectos y hallazgos a lo largo del túnel 22

Lista de Fotografías

Fotografía 1. Vista aérea de los taludes al Sur de la torre de aliviadero. 12
Fotografía 2. Vista aérea de los taludes al Norte de la torre de aliviadero. 12
Fotografía 3. Vista general de los taludes que conforman el portal de salida. Viendo al sur 14
Fotografía 4. Vista general del portal de salida. Se observa crecimiento de vegetación. 14
Fotografía 5. Vista del talud oeste con signo de afectación de la hidrosiembra. 15
Fotografía 6. Sección del túnel con revestimiento de concreto proyectado. (0K+780) 17
Fotografía 7.Sección del túnel con muros de hormigón. Se observan filtraciones en la junta. 17
Fotografía 8. Malla de refuerzo expuesta en la corona del túnel. (Est.0k+725) 18
Fotografía 9. Sección del túnel donde se muestran los drenajes. (Est.0k+195) 18
Fotografía 10. Condición típica de manchas del concreto con coloración marrón. (0K+042m) 19
Fotografía 11. Manchas en el concreto proyectado. (0k+087m) 19
Fotografía 12. Foto panorámica de talud en Torre de Aliviadero. Viendo al oeste 28
Fotografía 13. Foto panorámica de talud norte en Torre de Aliviadero. 28
Fotografía 14.Plataforma de roca: Presa oeste 06 29
Fotografía 15. Perímetro de Torre de Aliviadero con Vegetación 29
Fotografía 16. Foto Panorámica del portal de salida del Túnel y Taludes 30
Fotografía 17. Vegetación en Taludes de Salida de Túnel 30
Fotografía 18. Taludes en Salida del Túnel 31
Fotografía 19. Canal de Descarga del Túnel 31
Fotografía 20. Talud de lado Noroeste 32
Fotografía 21. Taludes en Accesos al Túnel 32

Fotografía 22. Vista general de estructura interna del túnel 33
Fotografía 23. Estructura Metálica de Refuerzos. Se aprecia eflorescencia del concreto 33
Fotografía 24. Estructura refuerzo conformada por marcos de acero 34
Fotografía 25. Malla de refuerzo del concreto proyectado expuesta. (Est.0k+725) 34
Fotografía 26. Condición típica de lixiviación del concreto 35
Fotografía 27. Vista de sistema de drenaje 35
Fotografía 28. Filtraciones registradas a través de pernos 35
Fotografía 29. Medición de Filtración 36
Fotografía 30. Medición de Filtración en junta 36
Fotografía 31. Estructura de Hormigón en Curva del Túnel 36
Fotografía 32. Estructura de Hormigón en Túnel (0K+531.9 a 0k+593.70) 37
Fotografía 33. Vista de conjunto de marcos de refuerzo junto a la compuerta. Área con filtraciones (0k+000 a 0k+025) 37
Fotografía 34. Compuerta de Torre de Aliviadero 38

1.INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos de la Inspección

Identificar las condiciones estructurales actuales del túnel de descarga, taludes de la laguna y taludes del canal de descarga por medio inspecciones visuales en sitio de las instalaciones de manejo de relave.

1.2 Alcance de la Inspección

La inspección abarca la verificación visual de las condiciones actuales de las estructuras que conforman el sistema de la torre de aliviadero. Esto incluye los siguientes componentes:

- Los taludes de la laguna alrededor de la torre de aliviadero.
- La estructura interna del túnel de descarga.
- Los taludes a la salida del túnel de aliviadero.

1.3 Metodología de Inspección

El desarrollo de la inspección de obras del sistema de aliviadero se ejecuta en dos partes. En primera instancia los taludes que componen el canal de aproximación, el canal de descarga y el portal de salida se evaluará considerando observación visual en sitio, complementado con análisis y observación de fotografías aéreas obtenidas el día de la inspección. La inspección visual de estos taludes y los alrededores busca lo siguiente:

- Signos de deterioro, por ejemplo, grietas;
- Signos de movimiento, por ejemplo, abultamientos en el talud y/o depresiones en la parte superior de los taludes;
- Perturbación o discontinuidades en la vegetación; y
- Evidencia de movimiento o deterioro en estructuras o características circundantes.

En segundo lugar, el equipo de inspección deberá emplear los métodos y enfoques para la inspección de la estructura interna del túnel de descarga, según se describe a continuación:

- La inspección comenzará en el extremo aguas abajo del túnel (Portal de Salida) y procederá hacia el extremo aguas arriba del túnel (compuerta de la torre de decantación).
- Los defectos del túnel serán documentados utilizando formularios de inspección en papel o formularios electrónicos instalados en un iPad o tableta. También se tomarán fotografías para documentar las condiciones en el túnel.
- Los inspectores deberán anotar lo siguiente: todos los signos de deterioro, falla o defectos con suficiente precisión para que otro inspector en una fecha futura pueda hacer una comparación de la condición o tasa de deterioro.
- En esta etapa no se utilizará ningún equipo o herramienta de elevación para las partes altas de la estructura. Toda la inspección se realizará a nivel del piso del túnel.

Además de identificar visualmente y documentar, la inspección incluirá las siguientes tareas específicas:

1. Identificar cambios en el material y/o geometría del revestimiento del túnel, si los hay.
2. Identificar lugares de infiltración de agua, ya sea a través de orificios de drenaje construidos para ese fin (si los hay) o a través de defectos en el revestimiento.

3. Calcular por medio de mediciones indirectas el caudal de las infiltraciones.
4. El equipo de inspección realizará una medición continua de la distancia desde la entrada del túnel en el portal mediante el uso de una cinta métrica de 50 metros o un odómetro y marcará con pintura aerosol (si es necesario y se considera seguro) en la pared del túnel.
5. Se colocarán clavijas de topografía en estaciones de 20 metros para proporcionar un conjunto permanente de puntos de referencia, para ayudar en futuras inspecciones o reparaciones del túnel.

El registro de los defectos y hallazgos debe considerar los criterios presentados en la Tabla 1.

Tabla 1. Criterios principales de inspección

CRITERIOS PARA INSPECCION DEL TUNEL					
COD.	**ELEMENTOS A EVALUAR**	**COD.**	**DEFECTOS**	**CLASIFICACION**	
20001	Revestimiento Concreto Proyectado	10001	Corrosión	1	Menor
20002	Revestimiento Concreto Macizo	10002	Grietas (Acero)	2	Moderado
20003	Muros longitudinales 1.20m	10003	Grietas (Concreto Reforzado)	3	Severo
20004	Portal de Salida	10004	Grietas (Revestimiento "Shotcrete")		
30001	Marcos de Refuerzo de acero	10005	Delaminación	**Δ**	**CAMBIOS**
40001	Sistema de drenajes	10006	Eflorescencia	1	Nuevo Defecto
		10007	Filtraciones	2	Cambió desde la inspección previa
		10008	Manchas de óxido		
		10009	Distorciones (Acero)		
		10010	Refuerzos expuestos		
		10011	Desprendimiento		
		10012	Área parchada		
		10013	Escombros		
		10014	Erosión		

La condición general de las estructuras será definida considerando la siguiente escala, Tabla 2.

Tabla 2. Escala de condiciones de las estructuras evaluadas

ESCALA DE CONDICIÓN DE LA ESTRUCTURA		
ESCALA	**DEFINICIÓN**	**DESCRIPCIÓN**
9	Excelente Condición	
8	Muy Buena Condición	Ningún problema notado
7	Buena Condición	Algun problema menor
6	Satisfactoria Condición	Elementos estructurales muestran algun deterioro leve
5	Aceptable Condición	Todos los principales elementos estructurales están sólidos pero pueden tener pérdida leve de sección, grietas, descascaramiento o socavación.
4	Pobre Condición	Avanzada pérdida de sección, deterioro, descascaramiento o socavación
3	Seria Condición	Pérdida de sección, deterioro, descascaramiento, o socavación ha afectado seriamente los principales elementos estructurales. Fallas locales son posibles. Grietas por fatiga en el acero o grietas por cortante en el concreto pueden estar presentes.
2	Condición Crítica	Deterioro avanzado de los elementos estructurales principales. Pueden estar presentes grietas por fatiga en el acero o grietas por cortante en el concreto, o la socavación puede haber eliminado el soporte de la subestructura. A menos que se monitoree de cerca, puede ser necesario cerrar la estructura hasta que se pueda tomar acción correctiva.
1	Condición de "Inminente" Falla	Importante deterioro o pérdida de sección presente en componentes estructurales críticos o movimiento evidente vertical u horizontal que afecte la estabilidad estructural.
0	Condición fallida	Fuera de servicio - Mas alla de las acciones correctivas
N	No aplica	

1.4 Consideraciones de seguridad y salud en la inspección del túnel

La inspección del túnel debe realizarse de manera segura. Las actividades del equipo de inspección deben coordinarse estrechamente con el personal de manejo de recursos hídricos, especialistas de bloqueo y etiquetado (LOTO), seguridad industrial y el equipo de respuesta de emergencia.

Se debe seguir el procedimiento operativo estándar (POE /SOP) aprobado para esta actividad con el objetivo de completar la inspección sin accidentes.

Durante la planificación de la inspección, es crucial desarrollar procedimientos de bloqueo y etiquetado. Antes de proceder a inspeccionar cualquier equipo mecánico o eléctrico que pueda representar riesgos de lesiones o daños, debe ser bloqueado en coordinación con el personal adecuado de la instalación del túnel. Es fundamental asegurarse de que el sistema esté completamente desenergizado o aislado, y que esté bloqueado y etiquetado adecuadamente antes de continuar con la inspección.

Por tratarse de un espacio confinado, con condiciones de acceso restringida, ventilación inadecuada y posible riesgo de gases tóxicos, se requiere el monitoreo continuo de la calidad de aire durante la inspección. El equipo de inspectores debe notificar al vigía, vía radial, las condiciones del aire en el entorno del túnel cada 15 minutos.

Por otro lado, se debe proporcionar al equipo de inspección el equipo de seguridad que cumpla con los estándares industriales apropiados de la siguiente manera:

- Linternas.
- Cascos.
- Guantes.
- Chalecos de seguridad.
- Flotadores.
- Gafas protectoras.
- Botas de caucho.
- Radios bidireccionales adecuadas para su uso en el túnel. Utilice únicamente dispositivos que sean completamente funcionales en todas las áreas a inspeccionar.
- Máscaras protectoras para respirar si hay acumulación de hollín y suciedad en las superficies del túnel.
- Equipos de monitoreo de la calidad del aire.

2. REVISIÓN DE ANTECEDENTES

2.1 Informes de Inspecciones Anteriores

El informe TMF-QAQC-2023 se generó en respuesta a los problemas de alta turbidez reportados por el departamento de servicios técnicos. El objetivo principal de esta inspección fue detectar posibles filtraciones de relaves en las estructuras internas del túnel. Tras completar la evaluación, no se encontraron indicios de filtraciones que pudieran afectar la calidad del agua en términos de turbidez. Además, se llevaron a cabo inspecciones adicionales para detectar posibles filtraciones en las estructuras de hormigón y metálicas. Se presenta un resumen de los hallazgos de esta inspección previa en la tabla que sigue a continuación.

Tabla 3. Registro de inspección previa (2023)

Range of Progressives	Structure	Observations
1+200 to 1+180	Steel frames + shotcrete	
1+150	Steel frames + shotcrete	
1+130 to 1+120	Steel frames + shotcrete	
1+090	Steel frames + shotcrete	Area of the tunnel crown leaks.
1+060	Steel frames + shotcrete	Area of the tunnel crown leaks.
1+020	Shotcrete	Area of the tunnel crown leaks.
0+980 to 0+960	Shotcrete	Area of the tunnel crown leaks.
0+930 to 0+910	Shotcrete	Tunnel crown area has leaks and exposed anchors.
0+880	Shotcrete	Crown anchors exposed
0+850	Steel frames + shotcrete	
0+820	Shotcrete	Area of the crown of the tunnel leaks
0+810	Steel frames + shotcrete	
0+720 to 0+710	Shotcrete	Exposed reinforcing mesh in the crown, leaking area
0+670	Shotcrete	Side wall(east) has sealed area, former turning area
0+620	Steel frames + shotcrete	
0+593.8 to 0+530	Reinforced Concrete	There are leaks in some joints (0+560m).
0+390	Shotcrete	Lateral wall (east) has sealed area, old turning area
0+350 to 0+320	Steel frames + shotcrete	Area of the crown of the tunnel leaks
0+200 to 0+120	Reinforced Concrete	Side wall (west side) of reinforced concrete, height approx. 2.50 m (8 ft.)
0+30 to 0+20	Steel frames + shotcrete	

2.2 Antecedentes Geológicos/Geotécnicos

De acuerdo con los estudios geológicos, presentados en el Informe No. 504832-2319-4GER-001 Rev. PB" (Joint Venture Panamá, 2013a), el manto rocoso esperado para túnel consistía en andesita y granodiorita. Durante la voladura de la línea del túnel, se encontró que un área de transición frágil entre estos tipos de material rocoso y se consideró que no era adecuada para el anclaje de roca. Para esta sección del túnel, se instalaron marcos de acero de estructura civil especiales y muros de hormigón armado para reforzar las paredes del túnel, tal como se describe en el Decant System Construction Record Report (FQML, 2018).

3. INSPECCIÓN DE TALUDES DE LA LAGUNA

3.1 Descripción y Ubicación

El sistema de aliviadero de la instalación de manejo de relaves se encuentra ubicado cerca del extremo occidental del muro norte. Permite manejar, por medio de la torre de decantación, los niveles y volumen de agua en la laguna, así como, la cantidad de agua que se libera a través del túnel.

Su construcción implicó la creación de un canal de aproximación y la conformación de taludes de hasta 35 metros de altura para dar forma al portal de inicio. La mayor parte de estas estructuras se encuentran sumergidas, siendo visibles únicamente las últimas banquetas de los taludes en el lado norte y sur de la torre, cuya configuración de diseño establecida es 5.00 m de alto, de 5.00 m de ancho y cada una mantiene una pendiente típica de 1H:1V. La excavación y corte se realizó en suelos saprolíticos.

Por otro lado, la plataforma de roca construida al lado norte la torre forma parte de las obras del dique de contención que retendrá las aguas de la laguna una vez suban los niveles.

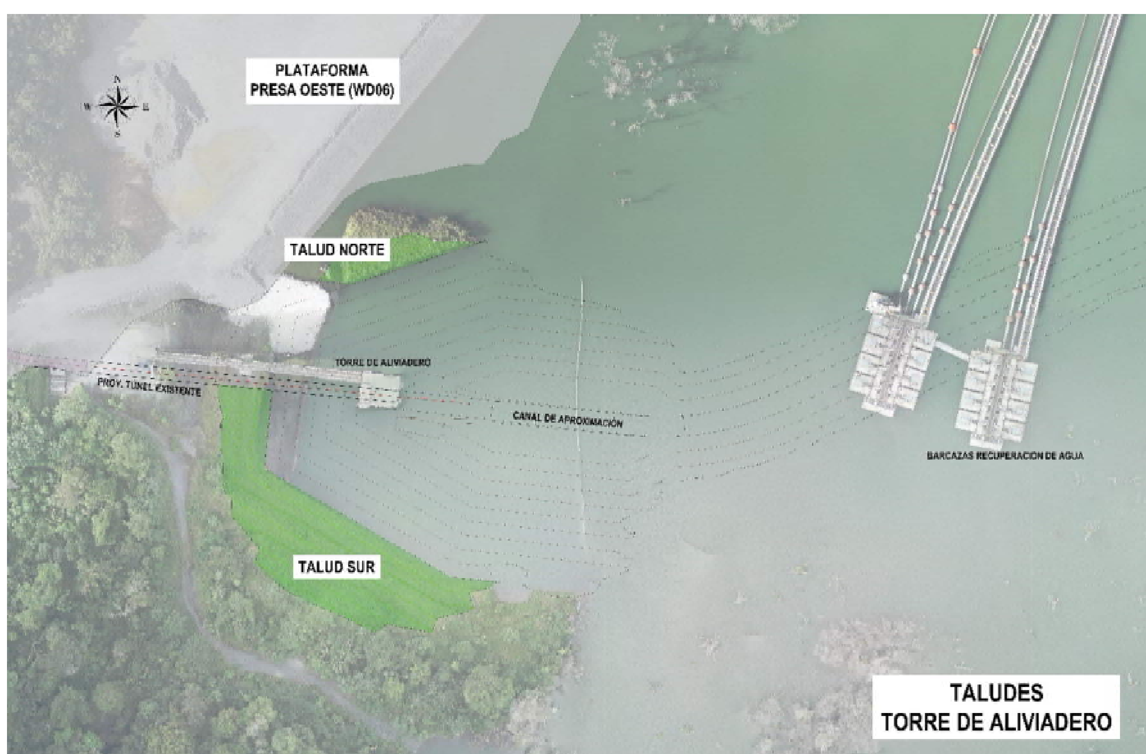


Figura 1. Componentes del sistema de aliviadero al inicio del túnel

3.2 Condición Actual de los taludes

Los taludes al norte y sur de la torre se encuentran en buen estado y no muestran signos evidentes de movimiento del suelo como deslizamientos o hundimientos. No se observaron indicios de erosión o deterioro de las pendientes, lo que indica el buen funcionamiento de la cobertura de protección (hidrosiembra) aplicada. Se observó el crecimiento de pequeños arbustos típicos del área en algunas de las banquetas. Una vista general de las condiciones se muestra en las fotografías 1 y 2.



Fotografía 1. Vista aérea de los taludes al Sur de la torre de aliviadero.



Fotografía 2. Vista aérea de los taludes al Norte de la torre de aliviadero.

4. INSPECCIÓN DE LOS TALUDES DEL PORTAL DE SALIDA DEL TÚNEL

4.1 Descripción y Ubicación

El canal de descarga se excavó y cortó principalmente en suelo saprolítico para formar el portal de salida del túnel. Se mantiene el patrón repetitivo de banquetas de 5m de alto y pendientes típicas de 1H:1V. Los taludes más altos, al lado sur, superan los 50m.



Figura 2. Componentes del sistema de aliviadero a la salida del túnel

4.2 Condición actual de los taludes a la salida

Los taludes que conforman el portal de salida se encuentran en buen estado y no se observan signos evidentes de movimientos de suelos, deslizamientos o hundimientos. Ver fotografía 3.

La condición estructural del portal de salida es buena. Se observa, fotografía 4, el crecimiento de vegetación en algunos puntos sobre el revestimiento de los taludes externos que no representan actualmente afectación a la estructura. Se recomienda monitoreo.

Aunque se identificaron algunas áreas donde la hidrosiembra se ve afectada, principalmente en el talud oeste, como se aprecia en la fotografía 5, no se observan problemas de erosión o arrastre de sedimentos. Se observó la exposición de la geomembrana en zonas muy puntuales del talud sur, las que se asocian a bajantes de escorrentías.

El canal de drenaje, construido al lado este del camino de acceso, que permite la conducción de las aguas de escorrentías hacia el canal principal de descarga está en buen estado. En esta zona, además, se está estableciendo vegetación nativa en las pendientes del terraplén. Se observan pequeños arbustos.

No se reconocen condiciones visibles que comprometan la estabilidad y operatividad del sistema.



Fotografía 3. Vista general de los taludes que conforman el portal de salida. Viendo al sur



Fotografía 4. Vista general del portal de salida. Se observa crecimiento de vegetación.



Fotografía 5. Vista del talud oeste con signo de afectación de la hidrosiembra.

5. INSPECCIÓN DEL TÚNEL DE DESCARGA

5.1 Descripción General

Uno de los componentes más importantes del sistema de aliviadero es el túnel de descarga. Construido entre los años 2015 y 2017, con una longitud nominal de 1,212 metros y una pendiente constante de 0.5% hacia el canal de descarga, permite la salida de las aguas hacia el ambiente, regulada por la resolución DM-0167-2022 del Ministerio de Ambiente. El alineamiento de la obra subterránea del túnel tiene forma de L con un radio de curvatura de 35m. La sección transversal de diseño se muestra en la figura 3, tiene 5.00m de ancho y 5.70m de alto con un techo en forma de arco para estabilidad estructural.

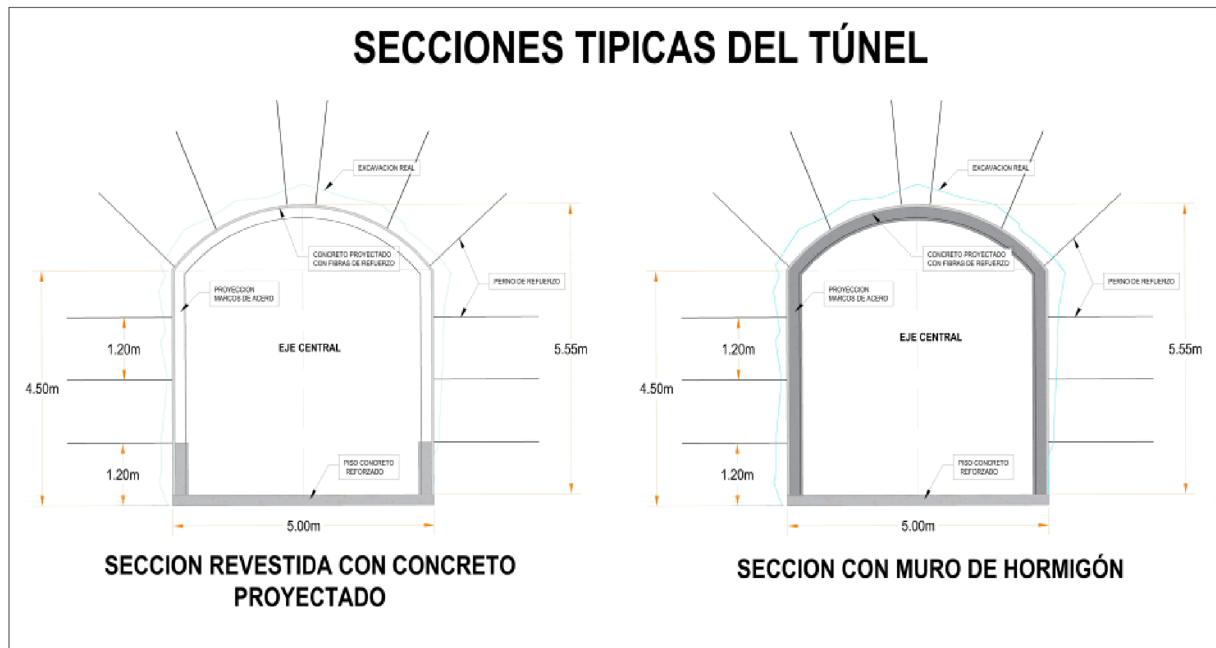


Figura 3. Secciones típicas de túnel con los refuerzos respectivos

La obra mantiene un revestimiento de concreto proyectado con fibras de refuerzo, pernos de refuerzo cementados en la roca en toda la extensión del túnel y el piso de concreto reforzado.

Un conjunto de marcos de acero da soporte a los portales de entrada y salida del túnel, así como a zonas críticas que requieren mayor refuerzo por las características de la roca. Un muro de 1.2m de altura recorre todo el túnel en ambos lados y da soporte a los conjuntos de acero. Adicionalmente, toda la sección del túnel entre las estaciones 0k+531.90 a 0k+593.70 está completamente revestida con un muro de hormigón.

5.2 Condiciones estructurales observadas

La obra subterránea del túnel se accede por el portal de descarga, el cual está construido con marcos de acero y cuyos taludes están revestido con concreto proyectado.

La obra subterránea tiene zonas reforzadas con marcos de acero y estas están próximas a los portales de ingreso y salida. Se verificaron las trece secciones que poseen refuerzo y la condición de los marcos de

acero es buena, sólo se observan algunos puntos con inicio de corrosión. No se observan distorsiones, ni fracturas.

En general, el revestimiento del túnel se encuentra en condiciones satisfactorias, con presencia particular de eflorescencia y manchas color marrón en la superficie del concreto proyectado, las cuales no representan riesgos a la estabilidad y operatividad del sistema. Ver fotografía 6. Las condiciones de humedad son altas y se observan zonas puntuales con filtraciones más allá de los drenajes construidos.



Fotografía 6. Sección del túnel con revestimiento de concreto proyectado en buenas condiciones. (0K+780)

La sección del túnel que está completamente reforzada de muros de hormigón no presenta signos de agrietamiento, fisuras o exposición del refuerzo. Sin embargo, se registran filtraciones y eflorescencia en la junta en la estación 0k+561. Ver fotografía 7.



Fotografía 7.Sección del túnel con muros de hormigón. Se observan filtraciones en la junta.

La fotografía 8 muestra la estación 0k+725, se observa estructuras metálicas y malla en parte superior en exposición donde no hubo un rociado adecuado del concreto durante la construcción del túnel. No se observa desprendimiento de paredes en ninguna parte de la estructura del túnel.



Fotografía 8. Malla de refuerzo expuesta en la corona del túnel. (Est.0k+725)

5.3 Drenajes y Obstrucciones

El sistema de drenaje consta de orificios de drenaje y tuberías ranuradas para controlar el agua entrante desde la superficie de la roca natural de las paredes del túnel volado.

En general el sistema de drenajes está funcionado satisfactoriamente. Sin embargo, se observan filtraciones por zonas no destinadas para manejo de aguas. Aunque la verificación de las obstrucciones del sistema estuvo fuera del alcance de esta inspección, es recomendable su evaluación detallada a futuro. Fotografía 9.



Fotografía 9. Sección del túnel donde se muestran los drenajes. (Est.0k+195)

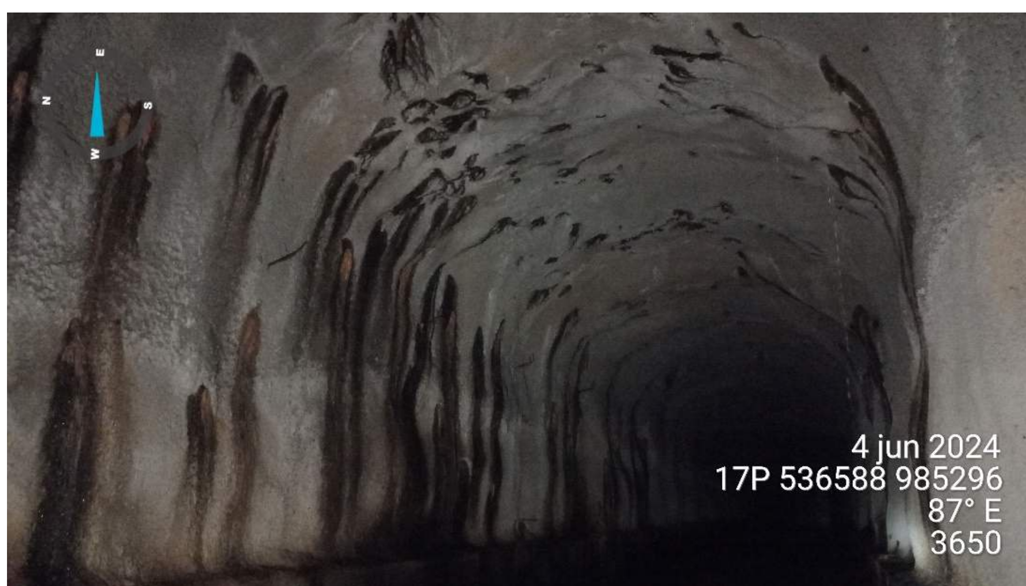
5.4 **Señales de Filtraciones o Daños**

La mayoría de las fugas observadas a lo largo del túnel son de tasas inferior a los 10ml/s. Sin embargo, filtraciones en el área próxima a la compuerta, las que presentan un caudal superior debido a la sobrecarga del agua sobre esa zona, deberían investigarse más a fondo.

Se observan filtraciones a través de los pernos de anclaje, tanto en las paredes laterales como en área de la corona, lo que genera manchas de corrosión en el concreto de coloración marrón. Ver fotografía 10. Este efecto en sí, no representa afectación a la estabilidad de la estructura, pero se recomienda su monitoreo. En general, las condiciones de filtración se concentran en zonas puntuales, ya identificadas en inspecciones pasadas. El resto del túnel presenta condiciones muy satisfactorias de sellado.



Fotografía 10. Condición típica de manchas del concreto con coloración marrón. (0K+042m)



Fotografía 11. Manchas en el concreto proyectado. (0k+087m)

5.5 **Registro de Hallazgos**

Los hallazgos de la inspección se registraron conforme a los criterios de evaluación y la escala de condiciones especificada en la metodología. Cada hallazgo está asociado a una progresiva del túnel y se especifica la ubicación relativa considerando las manecillas del reloj. Ver figura 4.

INSPECCIÓN DE TÚNEL DEL SISTEMA DE ALIVIADERO

FECHA INSPECCION: 4 Junio 2024
HORA DE INICIO: 9:28
HORA FINALIZACION: 11:45
INSPECTORES: B.Gonzalez, J.Castillo
SUPERVISION: F. Vera
TIPO INSPECCION: Rutinaria (Semestral)

COD.	ELEMENTOS A EVALUAR
20001	Revestimiento Concreto Proyectado
20002	Revestimiento Concreto Macizo
20003	Muros longitudinales 1.20m
20004	Portal de Salida
30001	Marcos de Refuerzo de acero
40001	Sistema de drenajes

COD.	DEFECTOS
10001	Corrosión
10002	Grietas (Acero)
10003	Grietas (Concreto Reforzado)
10004	Grietas (Rev "Shotcrete")
10005	Delaminación
10006	Eflorescencia
10007	Filtraciones
10008	Manchas de óxido
10009	Distorciones (Acero)
10010	Refuerzos expuestos
10011	Desprendimiento
10012	Área parchada
10013	Escombros
10014	Erosión

Δ	CAMBIOS
0	Se mantiene la condición
1	Nuevo Defecto
2	Cambió desde la inspección previa

	CLASIFICACION DEL DEFECTO
1	Leve / Menor
2	Moderado
3	Severo

LOCALIZACION RELATIVA

REGISTRO DE HALLAZGOS

ESTACIÓN	ELEMENTO	LOCALIZACION RELATIVA	TIPO DE DEFECTO	CAMBIOS REGISTRADOS	OBSERVACION / DESCRIPCION	FOTO
1K+160	30001	N/A	N/A	0	Marcos en buen estado	
1k+138	30001	N/A	N/A	0	Marcos en buen estado	
1k+126	30001	11:00	10001	0	Corrosion leve	
1k+126	20003	4:00	10006	0	Eflorescencia	
1k+104	30001	N/A	N/A	0	Marcos en buen estado	
1k+087	20001	3:30	10007	0	Leve filtración	
1k+087	20001	3:30	10008	0	Manchas en el "shotcrete"	
1k+068	20001	12:00	10007	0	Leve filtración	
1k+061	20001	12:00	10007	0	Leve filtración (7.3 ml/s)	
1k+042	20001	12:00	10007	0	Leve filtración en corona	
1k+042	20001	11:00	10008	0	Manchas en el "shotcrete"	
1k+042	20001	2:00	10007	0	Leve filtración en pared derecha	
1k+018	20001	12:00	10007	0	Leve filtración en corona	
0k+977	20001	11:00	10007	0	Leve filtración	
0k+855	30001	N/A	N/A	0	Marcos en buen estado	
0K+813	30001	N/A	N/A	0	Marcos en buen estado	
0K+765	30001	N/A	N/A	0	Marcos en buen estado	
0K+726	20001	12:00	10010	0	Exposion malla refuerzo	
0K+726	20001	12:00	10007	0	Filtraciones moderadas	

Figura 4. Registro de hallazgos de la inspección

REGISTRO DE HALLAZGOS						
ESTACIÓN	ELEMENTO	LOCALIZACION RELATIVA	TIPO DE DEFECTO	CAMBIOS REGISTRADOS	OBSERVACION / DESCRIPCION	FOTO
0k+708	20001	12:00	10007	0	Leve filtración	
0K+695	20001	11:00	10007	0	Flitración (4ml/s) varias goteras	
0K+672	20001	1:00	10007	0	Flitración (4ml/s) varias goteras	
0K+621	30001	N/A	N/A	0	Marcos en buen estado	
0k+593.7	20002	N/A	N/A	0	Inicia refuerzo de concreto completo	
0k+563	20002	12:00	10007	0	Filtracion leve	
0k+560	20002	12:00	10007	0	Filtracion por junta	
0k+560	20002	2:00	10006	0	Eflorescencia en junta	
0k+531.9	20002	11:00	10007	0	Filtracion en transicion al shotcrete	
0k+344	30001	N/A	N/A	0	Marcos en buen estado	
0k+307	30001	N/A	N/A	0	Marcos en buen estado	
0k+195	20002	N/A	N/A	0	Curvartura de tunel con pared derecha reforzada de hormigón	
0k+087	20001	11:00	10008	0	Manchas en el "shotcrete"	
0k+087	20001	1:00	10007	0	Filtraciones	
0k+078	20001	11:00	10007	0	Flitración (6ml/s) varias goteras	
0k+078	20001	1:00	10007	0	Flitración (7ml/s) varias goteras	
0k+025	30001	N/A	N/A	0	Marcos en buen estado	

Figura 5. Registro de hallazgos de la inspección (Continuación)

Se muestra en la figura 5, la distribución de los defectos y hallazgos encontrados a lo largo del túnel. Además, se resaltan las zonas que mantienen conjuntos de marcos de acero como refuerzo, en rojo y la zona construida con hormigón, en gris.

CANAL DE DESCARGA
PORTAL DE SALIDA
TÚNEL EXISTENTE
PRESA OESTE (WD06)
WD-06
TORRE DE ALIVIADERO
CANAL DE APROXIMACION
PROYECCION DEL SISTEMA DE ALIVIADERO

PORTAL DE SALIDA
PLAN - STA 1+220 TO STA 0+600
ZONA CON MUROS DE HORMIGON
SECCION CURVA DEL TUNEL
COMPUERTA-TORRE
PLAN - STA 0+600 TO STA 0+000

LEYENDA
SECCION DEL TUNEL
DEFECTOS ENCONTRADOS

DISTRIBUCION DE DEFECTOS EN EL TUNEL

Minera Panamá
MINA DE COBRE PANAMA

Figura 6. Representación gráfica de la distribución de defectos y hallazgos a lo largo del túnel.



6. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y PROBLEMAS POTENCIALES

6.1 Análisis de Riesgos

En la Tabla 3 se presenta una matriz con los principales riesgos identificados para el sistema de aliviadero de la instalación de manejo de relaves. Estos riesgos son atendidos mediante inspecciones periódicas, las cuales permiten identificar oportunamente indicios de cada riesgo y coordinar las medidas de mitigación necesarias, en caso de ser requeridas.

Tabla 4. Análisis de riesgo del sistema de aliviadero

MATRIZ DE RIESGOS			
Riesgo Potencial	**Probabilidad**	**Impacto**	**Descripción**
Inestabilidad de los taludes del sistema	Media	Alto	Los taludes de material saprolítico pueden colapsar debido a erosión, deslizamientos o hundimientos, bloqueando el acceso al túnel y comprometiendo su operación.
Corrosión de los marcos de acero	Media	Alto	La corrosión afecta la resistencia estructural de los marcos de acero, aumentando el riesgo de fallas estructurales y colapsos.
Deterioro del revestimiento de concreto proyectado	Media	Medio	El concreto proyectado puede deteriorarse con el tiempo, permitiendo filtraciones que comprometen la operación del túnel.
Filtraciones en secciones del túnel	Alta	Medio	Filtraciones de agua pueden comprometer la estructura del túnel afectando su operatividad a largo plazo.
Malla de refuerzo expuesta	Alta	Medio	Exposición de la malla de refuerzo puede indicar corrosión interna del concreto y comprometer la integridad estructural del túnel.
Obstrucción de drenajes del túnel	Alta	Medio	El bloqueo de los drenajes impide que el agua subterránea o filtraciones naturales se evacuen adecuadamente. Aumento del riesgo de filtraciones más graves
Riesgos geotécnicos	Media	Alto	Fracturación natural de la roca, zonas de debilidad o presencia de agua subterránea pueden afectar la estabilidad del túnel en condiciones sísmicas o hidrogeológicas adversas.
Interacción con la presa de relaves	Alta	Muy Alto	Problemas en el túnel pueden afectar la capacidad de la presa de relaves para manejar adecuadamente los niveles de agua y, ante condiciones de emergencia aumentar el riesgo de falla de la presa.

6.2 Problemas Identificados

Los principales deterioros identificados están asociados a la presencia constante de agua dentro del túnel, lo cual puede afectar la durabilidad de las instalaciones a largo plazo. Las zonas con mayor volumen de filtraciones presentan signos de corrosión en los marcos de acero y manchas en el revestimiento de concreto proyectado asociadas a esta condición. Aunque las afectaciones actualmente son superficiales y no representan un riesgo en sí para la estabilidad estructural de la obra, se requiere una evaluación más profunda de la evolución de los defectos.

6.3 Evaluación de la Severidad

El sistema de aliviadero de la instalación de manejo de relaves constituye un componente crítico para la operación minera. Permite el control preciso de los niveles de agua en la laguna y también la descarga controlada de aguas excedentes, asegurando así el cumplimiento de los estándares ambientales y normativas vigentes.

Además de su función regular de gestión hidráulica, el sistema de aliviadero juega un papel crucial en situaciones de emergencia, particularmente durante eventos hidrológicos extremos. En tales circunstancias, proporciona una vía segura para mitigar el riesgo de inundaciones repentinas, desbordamiento sobre los muros y garantizar la estabilidad operativa y estructural de la instalación.

El fallo de este sistema podría representar una condición crítica o incluso catastrófica para la instalación en general.

7.RECOMENDACIONES

7.1 Medidas Correctivas

Las condiciones presentes en las obras que componen el sistema de aliviadero de las instalaciones de manejo de relaves son, en términos generales, buenas.

Las zonas específicas de la obra subterránea con problemas de filtraciones requerirán tratamiento especial en el recubrimiento, que puede ser a largo plazo, pero monitoreado regularmente. Por lo tanto, no se indican medidas correctivas en el corto plazo, sino únicamente establecer un plan de monitoreo y mantenimiento.

7.2 Mantenimiento y Monitoreo

Para mantener la integridad a largo plazo del túnel, se recomienda:

1. Realizar evaluaciones periódicas y más profundas del sistema de drenaje para prevenir obstrucciones y mejorar la gestión del agua entrante. Además, se sugiere continuar con el monitoreo de las filtraciones identificadas, especialmente aquellas con mayor caudal, para garantizar la integridad estructural a largo plazo.

2. Evaluación periódica y mantenimiento de la hidrosiembra para promover la estabilización del suelo y prevenir la erosión.

3. Evaluar periódicamente, si hay afectación de la estructura superior del portal de salida por la presencia las raíces de los arbustos que se han desarrollado.

4. Monitorear el avance de la corrosión en los marcos de acero.

7.3 Mejoras Propuestas

Se sugieren las siguientes mejoras para optimizar la gestión y operación del túnel:

1. Desarrollo de una campaña topográfica de etiquetado de las progresivas del túnel para facilitar la localización de hallazgos y facilitar el seguimiento y monitoreo.

2. Implementación de una metodología robusta para el monitoreo continuo de filtraciones y la evaluación de su impacto.

3. Integración de información del contexto geológico y geotécnico para una mejor comprensión de las condiciones del subsuelo.

4. Instalación de instrumentación avanzada para el monitoreo cuantitativo de parámetros claves en el túnel y taludes, como desplazamientos o distorsiones, proporcionando datos precisos para la gestión de riesgos y la planificación de mantenimiento.

5. Establecimiento de estándares y guías de inspección para asegurar la calidad y consistencia en las evaluaciones futuras.

8. CONCLUSIONES

8.1 Resumen de Hallazgos

La inspección del sistema del sistema de aliviadero de la Instalación permitió la identificación y evaluación de algunas condiciones de deterioro en el túnel y los taludes circundantes. Se resumirán los hallazgos considerando los componentes principales y el defecto predominante.

1. **Taludes canal de aproximación del túnel y Presa Oeste:** Los taludes al inicio del túnel y en la plataforma de roca de la presa oeste, se encuentran en muy buenas condiciones. Dada su poca altura no se registran afectaciones.

2. **Taludes del portal de salida:** Se observaron zonas con deterioro de la hidrosiembra y exposición de la geomembrana, pero sin condiciones que afecten la estabilidad de los taludes.

3. **Obra subterránea:** En general la obra del túnel está en buenas condiciones. Presenta algunos deterioros en zonas particulares de su alineamiento, asociadas al ingreso de agua. El revestimiento de concreto proyectado muestra manchas asociadas a corrosión de algunos pernos, y se registran filtraciones leves en algunas regiones. No hay signos de grietas, deformaciones o condiciones que afecten la estabilidad.

8.2 Evaluación General de la Instalación

El túnel presenta condiciones satisfactorias en términos generales, con algunos aspectos que requieren atención continua y medidas preventivas para asegurar su funcionalidad y durabilidad a largo plazo. La combinación de un diseño estructural sólido y una gestión proactiva de mantenimiento son clave para mantener la operación segura y eficiente de la infraestructura subterránea. Por lo tanto, es crucial asegurar que hallazgos identificados durante la inspección, sean monitoreados para evitar que afecten la integridad y la funcionalidad de la obra a futuro. Esto incluye prevenir posibles impactos adversos en el medio ambiente circundante y en las comunidades ubicadas aguas abajo.

9. Referencias

CETU (Centre d'Études des Tunnels) 2015. Road tunnel civil engineering inspection guide Book 1: from disorder to analysis, from analysis to rating January 2015

CETU (Centre d'Études des Tunnels) 2015. Road tunnel civil engineering inspection guide Book 2: Catalogue of deteriorations January 2015

FQML (2018). Construction Record Report

William Bergeson, PE and Steve Ernst, PE (FHWA). Tunnel Operations, Maintenance, Inspection, and Evaluation (TOMIE) Manual. July 2015

APÉNDICE

10. APENDICE 1. REGISTRO FOTOGRAFICO



Fotografía 12. Foto panorámica de talud en Torre de Aliviadero. Viendo al oeste



Fotografía 13. Foto panorámica de talud norte en Torre de Aliviadero.



Fotografía 14.Plataforma de roca: Presa oeste 06



Fotografía 15. Perímetro de Torre de Aliviadero con Vegetación



Fotografía 16. Foto Panorámica del portal de salida del Túnel y Taludes



Fotografía 17. Vegetación en Taludes de Salida de Túnel



Fotografía 18. Taludes en Salida del Túnel



Fotografía 19. Canal de Descarga del Túnel



Fotografía 20. Talud de lado Noroeste



Fotografía 21. Taludes en Accesos al Túnel

Apéndice



Fotografía 22. Vista general de estructura interna del túnel



Fotografía 23. Estructura Metálica de Refuerzos. Se aprecia eflorescencia del concreto



Fotografía 24. Estructura refuerzo conformada por marcos de acero



Fotografía 25. Malla de refuerzo del concreto proyectado expuesta. Área con filtraciones (Est.0k+725)



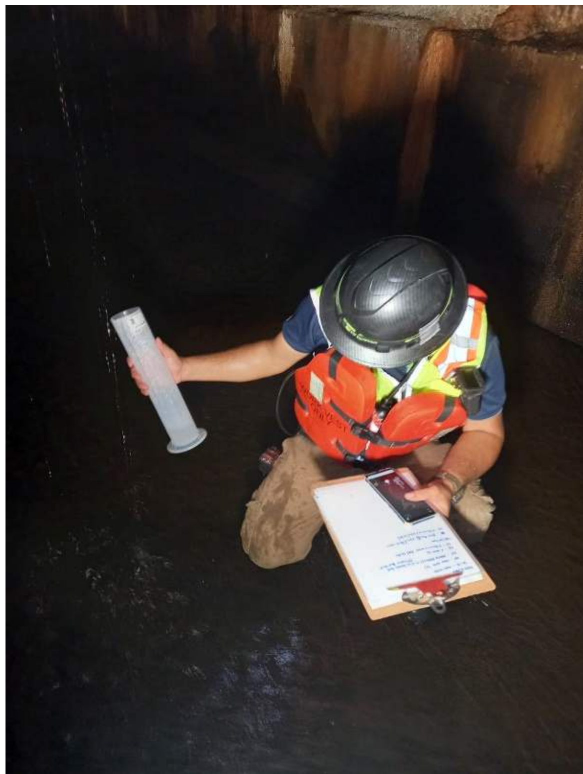
Fotografía 26. Condición típica de lixiviación del concreto



Fotografía 27. Vista de sistema de drenaje



Fotografía 28. Filtraciones registradas a través de pernos



Fotografía 29. Medición de Filtración



Fotografía 30. Medición de Filtración en junta



Fotografía 31. Estructura de Hormigón en Curva del Túnel



Fotografía 32. Estructura de Hormigón en Túnel (0K+531.9 a 0k+593.70)



Fotografía 33. Vista de conjunto de marcos de refuerzo junto a la compuerta. Área con filtraciones (0k+000 a 0k+025)



Fotografía 34. Compuerta de Torre de Aliviadero

11. APENDICE 2. DOCUMENTACIÓN CONSTRUCCIÓN

11.1 Planos y Diseños Originales

(Ver documento adjunto)

Apéndice 2

End of Report